

**RANCANG BANGUN ALAT PENGATUR KECEPATAN MOTOR
INDUKSI SATU FASA MELALUI PENGATURAN FREKUENSI
MENGUNAKAN *MULTIVIBRATOR ASTABLE***

SKRIPSI



RAHMAT SAPUTRA

NPM : G1D009053

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BENGKULU
2014**

**RANCANG BANGUN ALAT PENGATUR KECEPATAN MOTOR
INDUKSI SATU FASA MELALUI PENGATURAN FREKUENSI
MENGUNAKAN *MULTIVIBRATOR ASTABLE***

SKRIPSI

**Diajukan guna melengkapi salah satu syarat untuk memperoleh
Gelar Sarjana Program Studi Teknik Elektro**



diajukan oleh :

RAHMAT SAPUTRA

NPM : G1D009053

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BENGKULU
2014**

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul :

RANCANG BANGUN ALAT PENGATUR KECEPATAN MOTOR INDUKSI SATU FASA MELALUI PENGATURAN FREKUENSI MENGGUNAKAN *MULTIVIBRATOR ASTABLE*

Sejauh yang saya ketahui bukan merupakan hasil duplikasi dari skripsi dan/atau karya ilmiah lainnya yang pernah dipublikasikan dan/atau pernah dipergunakan untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di Perguruan Tinggi atau instansi manapun, kecuali bagian yang sumbernya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Bengkulu, 25 Juni 2014

Rahmat Saputra
G1D009053

Motto

☆ *Sukses di dunia dan sukses di akhirat*

☆ *Man jadda wa jadda*

☆ *Ingatlah selalu kebaikan orang lain terhadap kita dan ingatlah selalu
keburukan kita*

terhadap orang lain, agar kita selalu rendah hati

☆ *Jadilah seperti batang padi, yang semakin berisi semakin merunduk*

Skripsi ini ku persembahkan untuk :

☆ *Bapak dan Ibu*

☆ *Ayuk dan kakak*

☆ *Istriku Tercinta*

☆ *Murrobi*

☆ *Teman-teman seperjuangan, kader-*

kader

LDK MOSTANEER

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, sebuah kata yang sudah sepatutnya penulis haturkan kepada Allah SWT karena atas karunia, rahmat dan hidayahNya yang begitu besar maka penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “RANCANG BANGUN ALAT PENGATUR KECEPATAN MOTOR INDUKSI SATU FASA MELALUI PENGATURAN FREKUENSI MENGGUNAKAN *MULTIVIBRATOR ASTABLE*”.

Skripsi ini dibuat untuk memenuhi syarat lulusnya mata kuliah tugas akhir yang merupakan salah satu mata kuliah wajib dalam kurikulum Program Studi Teknik Elektro Universitas Bengkulu dan merupakan salah satu persyaratan untuk menyelesaikan pendidikan sarjana di Program Studi Teknik Elektro Universitas Bengkulu.

Dalam penyusunan skripsi ini penulis menyadari masih terlalu banyak kekurangan dan ketidaksempurnaan, namun semua ini tidak menjadi suatu kendala bagi penulis untuk dapat terus mencoba, karena dengan mencoba maka penulis dapat mengetahui kekurangan dan kelebihan yang ada pada diri penulis. Untuk itu penulis sangat berterima kasih apabila ada saran dan kritik yang akan berguna bagi penulis untuk melakukan perbaikan-perbaikan demi kesempurnaan skripsi ini.

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada pihak-pihak yang telah banyak membantu dan mengarahkan dalam penyusunan skripsi ini. Ucapan terima kasih pula penyusun sampaikan kepada :

1. Bapak Irnanda Priyadi, S.T., M.T. sebagai dosen pembimbing utama skripsi
2. Bapak M.Khairul Amri Rosa, S.T., M.T. sebagai dosen pembimbing pendamping dan akademik
3. Ibu Anizar Indriani ST.,MT sebagai Dosen Penguji Utama
4. Ibu Afriyastuti Herawati, S.T., M.T. sebagai Dosen Penguji pendamping
5. Teman-teman Prodi Teknik Elektro Universitas Bengkulu dan Teman-teman UKM

Kerohanian dan UKM Mostaneer serta kader-kader dakwah.

Akhir kata semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua dan bisa memberikan nilai tambah bagi Program Studi Teknik Elektro Universitas Bengkulu.

Bengkulu , Juni 2014

Penulis

ABSTRAK

Motor induksi mempunyai kecepatan yang hampir konstan dan banyak digunakan di dalam industri-industri besar yang terkadang memerlukan perubahan kecepatan putar. Salah satu cara mengubah kecepatan putar motor induksi adalah dengan mengatur frekuensi catu dayanya. Rancang bangun alat pengatur kecepatan putaran motor induksi rotor sangkar, dibuat dengan cara menyearahkan sumber tegangan PLN pada frekuensi 50 Hz menjadi tegangan DC untuk kemudian diolah dirangkaian osilator lalu diubah menjadi tegangan bolak-balik kembali melalui inverter dengan frekuensi yang bisa diatur dan selanjutnya dipakai sebagai suplai tegangan ke motor. Rangkaian alat terdiri dari komponen penyearah, *filter*, *inverter*, *multivibrator astable* dan *transformator*. Dari pengujian didapat *range* pengaturan frekuensi dari 55,3Hz sampai 110,2Hz menghasilkan kecepatan motor tanpa beban yaitu dari 758 RPM sampai 2955 RPM dan kecepatan maksimal motor untuk percobaan berbeban yaitu 2010 RPM, dengan perubahan kecepatan motor yang halus disetiap perubahannya.

Kata kunci : *Frekuensi, Multivibrator Astable, Motor induksi.*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	ii
MOTTO.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK.....	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL	x
 BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1. Latar belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Tujuan.....	2
 BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Prinsip dasar pengaturan motor induksi	4
2.2. Konstruksi motor induksi	5
2.3. Jenis motor induksi.....	6
2.4. Prinsip kerja motor induksi.....	8
2.5. Rangkaian pengganti motor induksi.....	11
2.6. Alat pengaturan kecepatan motor induksi	14
2.7. Penyearah.....	14
2.8. Osilator	16
2.9. Inverter.....	17
 BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	
3.1. Waktu dan tempat pengujian	18
3.2. Objek penelitian	18
3.3. Pengumpulan data	18
3.4. Perancangan alat	20

3.5. Analisa	25
--------------------	----

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisis Parameter Motor Induksi Seri A4300	28
4.2. Analisa Data Hasil Percobaan.....	29
4.3. Pembahasan Hasil Pengujian Alat	44

BAB 5 PENUTUP

5.1. Kesimpulan	46
5.2. Saran.....	46

DAFTAR PUSTAKA	47
-----------------------------	-----------

Lampiran

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Konstruksi motor induksi	5
Gambar 2.2.	Konstruksi rotor motor induksi rotor sangkar	7
Gambar 2.3.	Skematik motor induksi rotor belitan.....	7
Gambar 2.4.	Konstruksi rotor belitan.....	8
Gambar 2.5.	Penampang rotor dan stator motor induksi memperlihatkan medan magnet dalam celah udara.....	8
Gambar 2.6.	Angkaian ekkivalen motor induksi	11
Gambar 2.7.	Grafik hubungan torka dan kecepatan motor	11
Gambar 2.8.	Rangkaian ekivalen motor induksi tanpa beban	12
Gambar 2.9.	Rangkaian ekivalen motor induksi saat rotor ditahan.....	13
Gambar 2.10.	Penyearah setengah gelombang	14
Gambar 2.11.	Sinyal output penyearah setengah gelombang.....	15
Gambar 2.12.	Penyearah gelombang penuh (A) rangkaian (B) gelombang keluaran.....	15
Gambar 2.13.	<i>Osilator Astable Multivibrator</i>	16
Gambar 2.14.	Rangkaian <i>inverter</i> dengan SCR.....	17
Gambar 3.1.	Rangkaian pengujian tanpa beban	19
Gambar 3.2.	Rangkaian pengujian pembebanan	20
Gambar 3.3.	Penyearah satu fasa dengan diode lengkap dengan filter.....	21
Gambar 3.4.	Gelombang keluaran tegangan DC rang. penyearah	22
Gambar 3.5.	Osilator <i>astable multivibrator</i> dengan transistor PNP C9012	23
Gambar 3.6.	Gelombang keluaran <i>astable multivibrator</i>	24
Gambar 3.7.	Rangkaian <i>inverter</i> dengan Transistor 2N3055.....	24
Gambar 3.8.	Gelombang keluaran dari inverter	25
Gambar 3.9.	Blok diagram pengaturan motor induksi satu fasa rotor sangkar	25
Gambar 3.10.	Flowchart pengaturan kecepatan motor induksi satu fasa melalui frekuensi.....	26

29	Gambar 4.1. Rangkaian ekivalen motor induksi A4300.....
32	Gambar 4.2. Grafik Perbandingan Frekuensi ukur dengan Frekuensi hitung.....
33	Gambar 4.3. Grafik perbandingan Frekuensi ukur dengan kecepatan.....
35	Gambar 4.4. Grafik perbandingan kecepatan ukur dengan kecepatan Hitung percobaan 1.....
35	Gambar 4.5. Grafik perbandingan kecepatan ukur dengan kecepatan Hitung percobaan 2.....
35	Gambar 4.6. Grafik perbandingan kecepatan ukur dengan kecepatan Hitung percobaan 3.....
39	Gambar 4.7. Grafik Perbandingan Frekuensi ukur dengan Frekuensi hitung
40	Gambar 4.8. Grafik perbandingan frekuensi ukur dengan kecepatan.....
42	Gambar 4.9. Grafik perbandingan kecepatan ukur dengan kecepatan Hitung percobaan 1.....
43	Gambar 4.10. Grafik perbandingan kecepatan ukur dengan kecepatan Hitung percobaan 2.....

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1.	Data spesifikasi motor induksi satu fasa A4300	18
Tabel 4.1.	Parameter motor induksi satu fasa A4300	29
Tabel 4.2.	Data pengujian alat pengaturan kecepatan motor induksi satu fasa seri A4300 dengan menggunakan frekuensi.....	30
Tabel 4.3.	Data Perbandingan Frekuensi Pengujian dengan Frekuensi Perhitungan.....	32
Tabel 4.4.	Data perbandingan kecepatan pengukuran (n_r) dengan Kecepatan perhitungan (n_s)	34
Tabel 4.5.	Data pengujian alat pengaturan kecepatan motor berbeban induksi satu fasa seri A4300 dengan menggunakan frekuensi	37
Tabel 4.6.	Data Perbandingan Frekuensi Pengujian dengan Frekuensi Perhitungan.....	38
Tabel 4.7.	Data perbandingan kecepatan pengukuran (n_r) dengan Kecepatan perhitungan (n_s)	42

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Pada saat ini motor induksi adalah motor yang paling banyak digunakan dalam dunia industri maupun rumah tangga. Motor induksi memiliki keuntungan antara lain motor ini memiliki konstruksi yang sederhana, relatif murah dan mudah dalam pemeliharaannya dibandingkan dengan motor DC.

Pada penggunaannya motor induksi baik rotor sangkar ataupun rotor belitan sering dibutuhkan untuk beroperasi pada kecepatan yang bervariasi. Di industri banyak dipakai motor listrik jenis induksi rotor sangkar karena mempunyai banyak kelebihan dibanding dengan motor listrik jenis lain. Dalam pemakaian motor listrik terkadang diinginkan putaran yang dapat diubah-ubah sesuai dengan kondisi beban, pengaturan perpindahan putaran yang halus dan range lebar, contohnya pada Motor-motor penggerak, *exhaust fan* penyegar udara pada pabrik-pabrik, tempat kerja dan lain-lain. Karena itu maka banyak dilakukan usaha dan penelitian bagaimana cara mengatur putaran motor induksi tersebut. Salah satunya dengan cara mengubah frekuensi catu daya yang masuk ke motor untuk mengatur kecepatan motor.

Kajian baik berupa analisis maupun penelitian rancang bangun alat di laboratorium dengan tujuan untuk menghasilkan peralatan yang dapat dipakai untuk mengatur kecepatan putar motor induksi dengan range pengaturan putaran yang lebar dan memiliki kestabilan putaran sesuai dengan yang diinginkan meskipun beban berubah ubah telah banyak dilakukan, mulai dari penelitian hingga rancang bangun oleh para peneliti dan dengan berbagai macam metode yang telah di implementasikan untuk menghasilkan pengaturan motor yang efisien dan memiliki range pengaturan putaran motor yang cukup lebar.

Pada penelitian yang penulis lakukan ini, melihat dari berbagai macam jenis pengaturan dan metode yang dapat digunakan untuk mengatur kecepatan putaran motor, penulis sangat tertarik dengan pengimplementasian sebuah rangkaian sederhana yaitu *Multivibrator Astable* untuk digunakan sebagai pengatur kecepatan motor dengan cara memfariasikan frekuensi masukan pada motor. harapannya pada penelitian ini bisa mendapatkan model pengaturan motor yang efisien dari segi dana

yang dikeluarkan dan juga memiliki *performance* alat yang bagus dan *range* pengaturan putaran motor yang lebar.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang diuraikan diatas, maka dapat dibuat rumusan masalah yaitu :

1. Bagaimana merancang dan membuat alat yang dapat mengatur kecepatan putar motor induksi rotor sangkar dengan *range* putaran yang lebar dan perubahan putaran yang halus.
2. Bagaimana menjaga kestabilan motor induksi walaupun adanya perubahan beban.
3. Bagaimana mendesain kontroler yang lebih sederhana namun memiliki *performance* respon terhadap sistem yang baik.

1.3 Batasan Masalah

Agar tujuan penulisan tugas akhir ini sesuai dengan apa yang diharapkan serta terarah pada judul dan bidang yang telah disebutkan diatas, maka penulis membatasi permasalahan yang akan dibahas sebagai berikut.

1. Motor induksi yang digunakan adalah motor induksi satu fasa seri A4300 AC kapasitor *run* dengan menggunakan rotor jenis rotor sangkar.
2. Tidak membahas gangguan yang terjadi pada motor induksi.
3. Analisa data berdasarkan peralatan yang tersedia di laboratorium konversi energi listrik.

1.4 Tujuan

Tujuan dari skripsi ini adalah membuat alat pengaturan kecepatan motor induksi satu fasa yang memiliki kelebihan sebagai berikut .

1. Dapat mengatur kecepatan putar motor induksi rotor sangkar dengan *range* putaran yang lebar.
2. Memiliki kecepatan yang stabil, konstan meskipun pada kondisi beban yang berubah dengan cara mengatur tahanan basis osilator dan perubahan putaran yang halus

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Motor induksi adalah alat penggerak yang paling banyak digunakan dalam dunia industri. Hal ini dikarenakan motor induksi mempunyai konstruksi yang lebih sederhana, kokoh, harganya relatif murah serta perawatannya yang mudah, Sehingga motor induksi mulai menggeser penggunaan motor DC pada industri. Selain keunggulan di atas motor induksi juga memiliki kelemahan yaitu pengaturan motor induksi lebih rumit dari motor DC. Hal ini disebabkan motor induksi memiliki beberapa parameter yang bersifat *non-linier*, terutama resistansi rotor, yang memiliki nilai bervariasi untuk kondisi operasi yang berbeda[1].

Pada dasarnya motor induksi dioperasikan pada kecepatan yang konstan, jika beban berubah maka kecepatan motor juga akan berubah. Karena itu untuk mempertahankan agar kecepatan tetap konstan maka tegangan dan frekuensi harus diatur. Namun untuk mengatur tegangan agar didapatkan unjuk kerja yang diharapkan perlu mengatur ulang jumlah kutub stator dan cara lainnya adalah dengan mengubah frekuensi jaringan yang men-*supply* motor tersebut [2].

Di industri banyak dipakai motor listrik jenis induksi rotor sangkar karena mempunyai banyak kelebihan dibanding dengan motor listrik jenis lain. Kekurangannya arus start besar sekitar 3 sampai 5 kali dari arus nominal dan putarannya relatif konstan atau sulit diatur dan juga dengan bertambahnya beban, akan memperbesar kopel motor, yang oleh karenanya akan memperbesar pula arus induksi pada rotor, sehingga slip antara medan putar stator dan putaran rotorpun akan bertambah besar [11].

Pada pemakaian motor listrik terkadang diinginkan putaran yang dapat diubah-ubah sesuai kondisi beban, dengan pengaturan perpindahan putaran yang halus dan range lebar, misalnya pada, *exhaust fan* penyegar udara pada laboratorium gedung kimia dan lain-lain. Hal tersebut diperlukan dengan tujuan antara lain untuk mengurangi besarnya arus start, meredam getaran dan hentakan mekanis saat starting [3]. Karena itu, banyak dilakukan penelitian tentang pengaturan putaran motor induksi tersebut. Salah satunya adalah dengan cara mengubah frekuensi catu daya yang masuk ke motor, untuk mengatur kecepatan motor.

Motor induksi juga disebut mesin asinkron (mesin tak serempak), hal ini dikarenakan putaran motor tidak sama dengan putaran fluks magnet stator. Dengan kata lain, bahwa antara rotor dan fluks magnet stator terdapat selisih perputaran yang disebut dengan slip. Pada umumnya motor dengan *supply* tegangan AC yang digunakan adalah motor induksi, terutama motor induksi satu fasa yang paling banyak dipakai di perindustrian. Motor induksi satu fasa sangat banyak dipakai sebagai penggerak di perindustrian karena banyak memiliki keuntungan, tetapi juga memiliki beberapa kelemahan. Keuntungan motor induksi :

1. Sangat sederhana dan daya tahan kuat
2. Harga relatif murah dan perawatan mudah.
3. Efisiensi tinggi. Pada kondisi berputar normal, tidak dibutuhkan sikat dan karenanya rugi daya yang diakibatkannya dapat dikurangi.

Kerugian motor induksi :

1. Kecepatan tidak dapat berubah tanpa pengorbanan efisiensi.
2. Kecepatannya menurun seiring dengan penambahan beban.
3. Arus start biasanya 5 sampai 7 kali dari arus nominal

Dari kelemahan yang ada maka dibutuhkan sebuah alat yang dapat mengatur kecepatan putaran motor dan mampu mengurangi arus pada saat starting 5 sampai 7 kali lebih besar dari arus nominalnya.

2.1 PRINSIP DASAR PENGATURAN MOTOR INDUKSI

Pengaturan motor induksi memerlukan teknik yang lebih rumit dibandingkan dengan motor DC. Prinsip dasar pengaturan motor induksi dapat dianalisa dari persamaan karakteristik torsi – kecepatan yaitu [11] :

$$T_d = \frac{P_d}{\omega} \quad (2.1)$$

Keterangan :

T_d = Torsi Motor Induksi

P_d = Daya Motor Induksi

ω = Kecepatan Sudut

Dimana T_d dan P_d masing masing adalah Torsi dan Daya yang dihasilkan motor induksi. Dengan menganalisa persamaan ini, satu hal dapat disimpulkan bahwa kecepatan ω (atau slip s) dapat diatur jika salah satu atau lebih parameter dibawah ini divariasikan :

1. Resistansi rotor.
2. Induktansi rotor.
3. Besar tegangan terminal.
4. Frekuensi terminal.

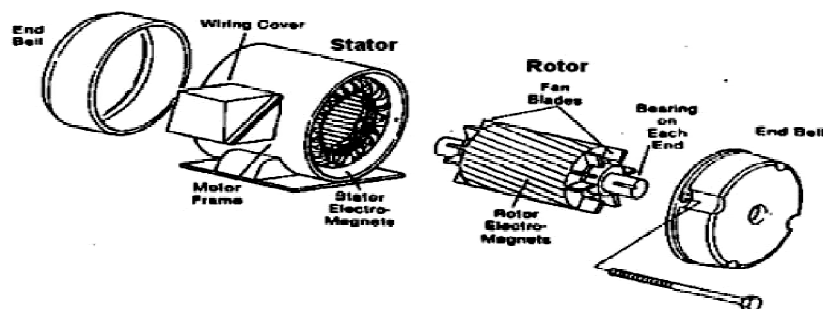
Seperti telah diketahui bahwa teknik pengaturan motor induksi dengan variable diatas adalah kurang efisien. Tetapi jika dikombinasikan maka akan menjadi lebih efektif. Walaupun tidak dinyatakan secara langsung melalui Rumus 2.1 ada beberapa teknik yang lebih efektif dalam pengaturan kecepatan motor induksi yaitu :

1. Injeksi tegangan pada rotor.
2. Pengembalian energi slip ke sumber (*Slip Energy Recovery*)
3. Pengaturan Tegangan dan Frekuensi (*v/f control*)

Dalam rancang bangun alat yang dibuat dalam skripsi ini akan fokus kepada pengaturan frekuensi dimana, pengaturan putaran motor induksi dapat dilakukan dengan mengubah-ubah harga frekuensi jala. Hanya saja untuk menjaga keseimbangan kerapatan fluks, perubahan tegangan harus dilakukan bersamaan dengan perubahan frekuensi yang dalam rancangan alat yang dibuat ini, tegangan berubah seiring perubahan frekuensi. Cara pengaturan frekuensi dengan menggunakan *solid state frequency converter* adalah cara yang efektif dan ekonomis [11].

2.2 Konstruksi Motor Induksi

Motor induksi merupakan motor listrik arus bolak balik (AC) yang paling luas digunakan, karena konstruksinya yang kuat dan karakteristik kerjanya yang baik. Secara umum motor induksi terdiri dari rotor dan stator. Rotor merupakan bagian yang bergerak, sedangkan stator bagian yang diam. Diantara stator dengan rotor ada celah udara yang jaraknya sangat kecil. Konstruksi motor induksi dapat diperlihatkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Konstruksi motor induksi

Komponen stator adalah bagian terluar dari motor yang merupakan bagian yang diam dan mengalirkan arus fasa. Stator terdiri atas tumpukan laminasi inti yang memiliki alur tempat kumparan dililitkan berbentuk silindris. Tiap kumparan tersebar dalam alur yang disebut belitan fasa. Kawat kumparan yang digunakan terbuat dari tembaga yang dilapis dengan isolasi tipis. Kemudian tumpukan inti dan belitan stator diletakkan dalam cangkang yang berbentuk silindris. Diantara stator dan rotor terdapat celah udara yang merupakan ruangan antara stator dan rotor. Pada celah udara ini lewat fluks induksi stator yang memotong kumparan rotor sehingga menyebabkan rotor berputar. Celah udara yang terdapat antara stator dan rotor diatur sedemikian rupa sehingga didapatkan hasil kerja motor yang optimum. Bila celah udara antara stator dan rotor terlalu besar akan mengakibatkan efisiensi motor induksi rendah, sebaliknya bila jarak antara celah terlalu kecil/sempit akan menimbulkan kesukaran mekanis pada mesin. Untuk rotor akan dibahas pada bagian berikutnya, yaitu jenis motor induksi tiga fasa berdasarkan jenis rotornya.

2.3 Jenis Motor Satu Fasa AC

Ada dua jenis motor induksi satu fasa AC berdasarkan rotornya yaitu:

1. Motor induksi sangkar tupai (*squirrel-cage motor*)
2. Motor induksi rotor belitan (*wound-rotor motor*)

Kedua motor ini bekerja pada prinsip yang sama dan mempunyai konstruksi stator yang sama tetapi berbeda dalam konstruksi rotor dan dalam pembahasan dan perancangan alat pengatur kecepatan motor induksi dalam skripsi ini akan terfokus ke rotor sangkar tupai karena memiliki kelebihan kecepatan putar yang hampir konstan.

2.3.1 Motor Induksi Sangkar Tupai

Penampang motor sangkar tupai memiliki konstruksi yang sederhana. Inti stator pada motor sangkar tupai terbuat dari lapisan – lapisan pelat baja beralur yang didukung dalam rangka stator yang terbuat dari besi tuang atau pelat baja yang dipabrikasi. Lilitan – lilitan kumparan stator diletakkan dalam alur stator, dimana Rotor sangkar ditunjukkan pada Gambar 2.2.

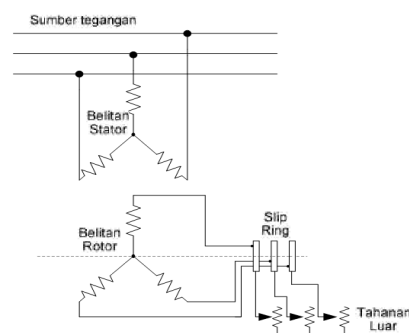


Gambar 2.2 Konstruksi rotor motor induksi rotor sangkar

Batang rotor dan cincin ujung motor sangkar tupai yang lebih kecil adalah coran tembaga atau aluminium dalam satu lempeng pada inti rotor. Dalam motor yang lebih besar, batang rotor tidak dicor melainkan ditenamkan ke dalam alur rotor dan kemudian dilas dengan kuat ke cincin ujung. Batang rotor motor sangkar tupai tidak selalu ditempatkan paralel terhadap poros motor tetapi kerap kali dimiringkan. Hal ini akan menghasilkan torsi yang lebih seragam dan juga mengurangi derau dengung magnetik sewaktu motor sedang berputar. Rotor jenis rotor sangkar standar tidak terisolasi, karena batangan membawa arus yang besar pada tegangan rendah.

2.3.2 Motor Induksi Rotor Belitan

Motor rotor belitan (motor cincin slip) berbeda dengan motor sangkar tupai dalam hal konstruksi rotornya. Seperti namanya, rotor dililit dengan lilitan terisolasi serupa dengan lilitan stator. Lilitan fasa rotor dihubungkan secara Y dan masing – masing fasa ujung terbuka yang dikeluarkan ke cincin slip yang terpasang pada poros rotor. Secara skematik dapat dilihat pada Gambar 2.3.

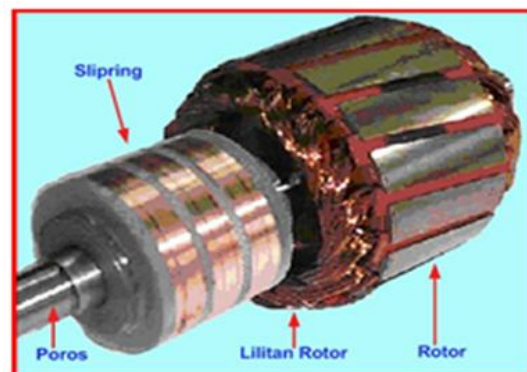


Gambar 2.3 Skematik motor induksi rotor belitan

Dari gambar ini dapat dilihat bahwa cincin slip dan sikat semesta – mata merupakan penghubung tahanan kendali variabel luar ke dalam rangkaian rotor. Pada motor ini, cincin slip yang terhubung ke sebuah tahanan variabel eksternal

berfungsi membatasi arus pengasutan yang bertanggung jawab terhadap pemanasan rotor.

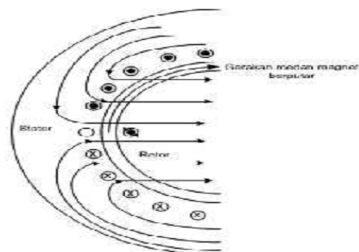
Selama pengasutan, penambahan tahanan eksternal pada rangkaian rotor belitan menghasilkan torsi pengasutan yang lebih besar dengan arus pengasutan yang lebih kecil dibanding dengan rotor sangkar. Konstruksi Rotor belitan ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Konstruksi rotor belitan

2.4 Prinsip Kerja Motor Induksi

Jika pada belitan stator diberi tegangan satu fasa, maka pada stator akan dihasilkan arus, arus ini menghasilkan medan magnetik yang berputar dengan kecepatan sinkron. Ketika medan melewati konduktor rotor, dalam konduktor ini diinduksikan ggl yang sama seperti ggl yang diinduksikan dalam belitan sekunder transformator oleh fluksi arus primer. Rangkaian rotor merupakan rangkaian tertutup, baik melalui cincin ujung atau tahanan luar, ggl induksi menyebabkan arus mengalir dalam konduktor rotor. Jadi arus yang mengalir pada konduktor rotor dalam medan magnet yang dihasilkan stator akan menghasilkan gaya (F) yang bekerja pada rotor. Gambar 2.5 menggambarkan penampang stator dan rotor motor induksi, dengan medan magnet diumpamakan berputar searah jarum jam dan dengan statornya diam seperti pada saat start.



Gambar 2.5 Penampang rotor dan stator motor Induksi memperlihatkan medan magnet dalam celah udara.

Untuk arah fluksi dan gerak yang ditunjukkan Gambar 2.5, penggunaan aturan tangan kanan fleming yaitu arah arus induksi dalam konduktor rotor menuju pembaca. Pada kondisi seperti itu, dengan konduktor yang mengalirkan arus berada dalam medan magnet seperti yang ditunjukkan, gaya pada konduktor mengarah ke atas karena medan magnet di bawah konduktor lebih kuat dari pada medan di atasnya. Agar sederhana, hanya satu konduktor rotor yang diperlihatkan. Tetapi, konduktor – konduktor rotor yang berdekatan lainnya dalam medan stator juga mengalirkan arus dalam arah seperti pada konduktor yang ditunjukkan, dan juga mempunyai suatu gaya ke arah atas yang dikerahkan pada mereka.

Pada setengah siklus berikutnya, arah medan stator dan arus rotor akan dibalik, sehingga gaya pada rotor tetap ke atas. Demikian pula konduktor rotor di bawah kutup – kutup medan stator lain akan mempunyai gaya yang semuanya cenderung memutar rotor searah jarum jam. Jika kopel yang dihasilkan cukup besar untuk mengatasi kopel beban yang menahan, motor akan melakukan percepatan searah jarum jam atau dalam arah yang sama dengan perputaran medan magnet stator.

Apabila belitan stator diberi tegangan dari sumber tegangan satu fasa, maka akan timbul medan magnet yang berputar dengan kecepatan sinkron [11] :

$$n_s = \frac{120 f}{p} \quad (2.2)$$

dengan:

n_s = Kecepatan medan putar stator (rpm)

f = Frekuensi jaringan (Hz)

p = Jumlah kutub

Medan putar tersebut akan memotong konduktor rotor hingga terbangkit tegangan induksi. Karena konduktor rotor dihubung singkat, maka akan mengalir arus dalam konduktor rotor. Arus rotor ini berada dalam medan magnet dari stator menurut hukum Lorentz akibatnya timbul gaya/torka. Bila gaya ini cukup untuk menggerakkan rotor maka ia akan berputar dengan kecepatan [11] :

$$\omega_r = (1 - S)\omega_s \quad (2.3)$$

dengan:

ω_r = Kecepatan sudut rotor (rad/s)

S = Slip putaran

Karena tegangan induksi hanya akan terbangkitkan jika terjadi perpotongan antar medan putar dengan konduktor rotor maka kecepatan rotor tidak dapat menyamai kecepatan medan putar stator. Harus ada selisih dimana kecepatan rotor (n_r) harus lebih rendah dari kecepatan medan putar (kecepatan sinkron n_s). Perbedaan kecepatan ini disebut slip (S) dan dinyatakan dengan [9] :

$$S = \left(\frac{n_s - n_r}{n_s} \right) \times 100\% \quad (2.4)$$

Keterangan :

S = Slip

n_s = Kecepatan Sinkron

n_r = Kecepatan Rotor

Adanya perbedaan kecepatan medan putar dan rotor ini sehingga mesinnya disebut mesin tak sinkron/serempak [9].

Dalam stator dari motor induksi satu fasa diletakkan kumparan lilitan satu fasa secara teratur dengan menempatkannya pada sumbu lilitan, yang terminalnya dihubungkan pada jaring satu fasa yang simetris, seimbang. Arus dalam fasa itu akan membangunkan suatu medan yang besarnya tetap dan berputar dengan kecepatan sudut sebesar [2] :

$$\omega_s = \frac{\omega}{p/2} \quad (2.5)$$

dengan:

ω_s = Kecepatan sudut medan putar stator (rad/s)

ω = Kecepatan sudut listrik jaringan (rad/s)

atau:

$$\omega_s = \frac{n_s}{60} 2\pi \quad (2.6)$$

dengan frekuensi jaring f periode per detik atau dengan kecepatan sudut listrik sebesar [2] :

$$\omega = 2\pi f \quad (2.7)$$

maka,

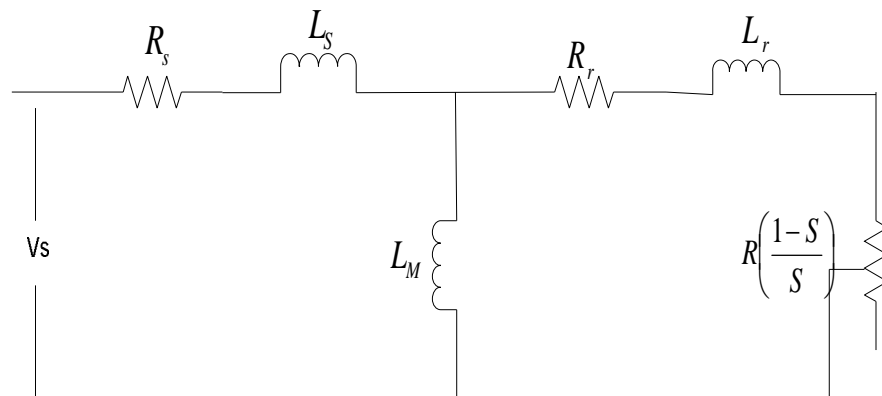
$$n_s = \frac{60 f}{p/2} \quad (2.8)$$

Pada waktu rotor berputar maka frekuensi arus rotor (f_r) dipengaruhi oleh slip (S) dengan persamaan [2] :

$$f_r = S \times f \quad (2.9)$$

2.5 Rangkaian Pengganti Motor Induksi

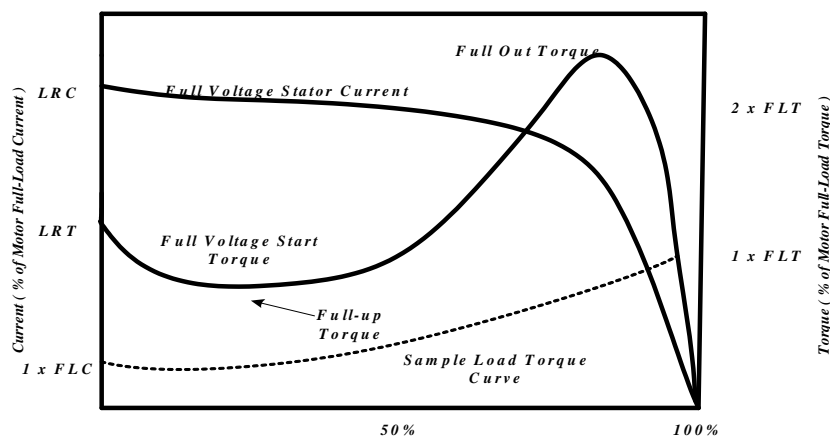
Kerja motor induksi seperti kerja transformator yaitu berdasarkan prinsip induksi elektromagnet. Oleh karena itu, motor induksi dapat dianggap sebagai transformator dengan rangkaian sekunder yang berputar. Sehingga rangkaian motor induksi dapat dilukiskan seperti berikut. Dalam keadaan rotor berputar, frekuensi arus rotor dipengaruhi oleh slip ($f_2 = sf_1$). Karena tegangan induksi dan reaktansi kumparan rotor merupakan fungsi frekuensi, maka harga tahanannya juga dipengaruhi oleh slip [9].



Gambar 2.6. Rangkaian ekivalen motor induksi [9].

2.5.1 Hubungan Antara Beban, Kecepatan dan *Torque* Motor Induksi

Gambar 2.7. menjelaskan grafik *torque*-kecepatan motor induksi, bila motor.



Gambar 2.7. Grafik hubungan torka dan kecepatan motor [9].

- Mulai menyala ternyata terdapat arus *start* yang tinggi dan *torque* yang rendah (*pull-up torque*).
- Saat mencapai 80% kecepatan penuh, *torque* berada pada nilai tertinggi (*pull-out torque*) dan arus mulai turun.
- Pada kecepatan penuh atau kecepatan sinkron arus *torque* dan stator turun ke-nol.

2.5.2 Pengujian Motor Induksi

a. Pengujian Tanpa Beban

Percobaan tanpa beban dilakukan untuk menentukan nilai parameter ($X_1 + X_m$) yaitu nilai reaktansi bocor stator dan reaktansi magnetisasi motor serta dapat menentukan nilai rugi-rugi rotasi motor (P_r). Untuk mendapatkan nilai parameter-parameter ini maka besaran yang perlu diukur pada saat pengujian tanpa beban adalah nilai arus tanpa beban (I_0) dan nilai tegangan tanpa beban (V_0) serta nilai resistansi stator (R_s). Sehingga dengan diketahui besaran-besaran inti maka nilai ($X_1 + X_m$) dapat dihitung dengan menggunakan Rumus 2.10 [11]:

$$X_1 + X_m = \sqrt{\left(\frac{V_0}{I_0}\right)^2 - R_s^2} \quad (2.10)$$

dengan:

X_1 = Reaktansi bocor stator (Ohm)

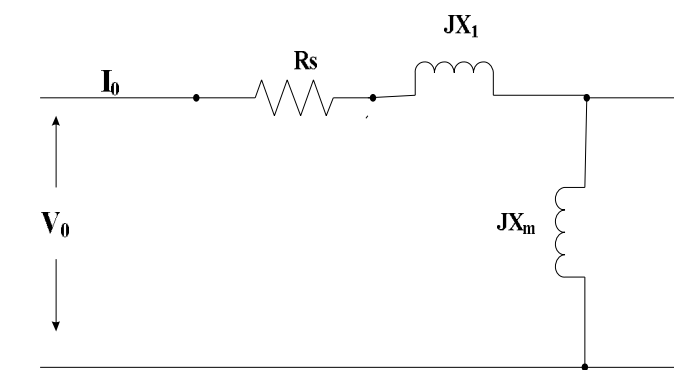
X_m = Reaktansi magnetisasi motor (Ohm)

V_0 = Tegangan motor saat tanpa beban (Volt)

I_0 = Arus motor saat tanpa beban (Amper)

R_s = Resistansi stator (Ohm)

Rangkaian pengganti motor induksi saat pengujian tanpa beban seperti pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8. Rangkaian ekivalen motor induksi tanpa beban [11].

Untuk menghitung nilai rugi-rugi rotasi motor (P_r) dihitung dengan menggunakan rumus [11] :

$$P_r = \sqrt{3} \cdot V_0 \cdot I_0 - (I_0^2 \cdot R_s) \quad (2.11)$$

Dengan:

$$P_r = \text{Rugi-rugi rotasi motor (Watt)}$$

b. Pengujian Rotor di Tahan

Pengujian rotor ditahan dilakukan untuk menentukan nilai parameter X_1 , X_2' dan nilai resitansi rotor (R_2') motor. Besaran yang diukur pada saat pengujian adalah nilai tegangan *break* (V_{break}) dan arus *break* (I_{break}). Rangkain pengujian sama dengan saat pengujian tanpa beban, bedanya hanya pada saat motor hidup rotor motor ditahan, sehingga rotor tidak dapat berputar, pada saat ini slip (S) = 1. Parameter R_2' dapat dihitung dengan menggunakan Rumus 2.12 [11] :

$$R_2' = \frac{P_{break}}{3I_{br}^2} - R_1 \quad (2.12)$$

dengan,

$$P_{break} = \sqrt{3} \times V_{break} \cdot I_{break} \quad (2.13)$$

Dengan diketahui nilai R_2' maka nilai $X_1 + X_2'$ perfasa dapat dihitung dengan rumus [11] :

$$X_1 + X_2' = \sqrt{\frac{V_{br}^2}{I_{br}^2} - (R_1 + R_2')^2} \quad (2.14)$$

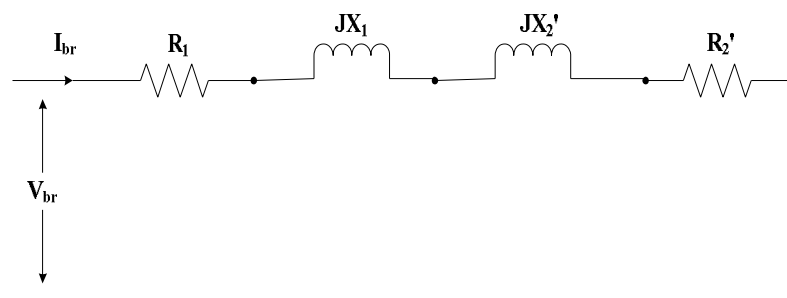
dengan:

$$V_{br} = \text{Tegangan } break \text{ motor (Volt)}$$

$$I_{br} = \text{Arus } break \text{ motor (Amper)}$$

$$X_2' = \text{Reaktansi bocor rotor (Ohm)}$$

Berdasarkan rekomendasi IEEE dimana $X_1 = X_2'$, sehingga dengan mensubstitusikan nilai X_1 ke dalam persamaan $X_1 + X_m$ maka nilai X_m dapat dicari. Rangkaian ekivalen motor saat pengujian rotor ditahan seperti Gambar 2.9.



Gambar 2.9. Rangkaian ekivalen motor induksi saat rotor ditahan [10].

c. Pengujian pembebanan

Dengan pengujian pembebanan dapat diketahui karakteristik motor induksi. Yaitu, besarnya kecepatan rotor (n_r) saat beban penuh, besarnya slip (S) beban penuh dan dapat mengetahui nilai torka maksimum saat beban penuh. Nilai torka maksimum dapat dicari dengan persamaan [2] :

$$T_m = \frac{m}{2\omega_r} \cdot \frac{V^2}{R_1 + \sqrt{R_1^2 + (X_1 + X_2)^2}} \quad (2.15)$$

dengan:

m = jumlah fasa motor induksi

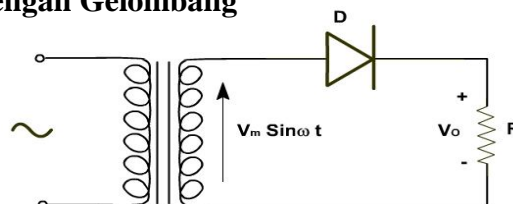
2.6 Alat Pengatur Kecepatan Motor Induksi

Dalam perancangan alat pengatur kecepatan yang di bahas dalam skripsi ini dengan cara mengatur frekuensi. Sebagaimana diketahui bahwa pengaturan kecepatan putaran motor induksi dapat dilakukan dengan tiga cara yaitu dengan mengatur tegangan masukan, mengatur frekuensi, dan dengan mengtur jumlah kutub. Perancangan alat pengatur kecepatan motor induksi satu fasa dengan mengatur frekuensi membutuhkan beberapa peralatan yang digunakan yaitu penyearah, osilator, dan inverter.

2.7 Penyearah

Penyearah adalah alat pengubah sumber listrik dari AC menjadi DC. Alat tersebut berupa rangkaian elektronik dengan komponen utama dioda. Pada dasarnya konsep penyearah gelombang dibagi dalam dua jenis yaitu, Penyearah setengah gelombang dan penyearah gelombang penuh.

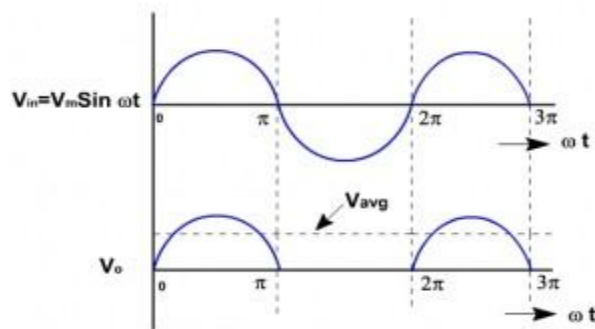
2.7.1 Penyearah Setengah Gelombang



Gambar 2.10 Penyearah Setengah Gelombang

Penyearah setengah gelombang (*half wave rectifier*) hanya menggunakan satu buah diode sebagai komponen utama dalam menyearahkan gelombang AC. Prinsip kerja dari penyearah setengah gelombang ini adalah mengambil sisi sinyal positif dari gelombang AC dari transformator. Pada saat transformator memberikan output sisi

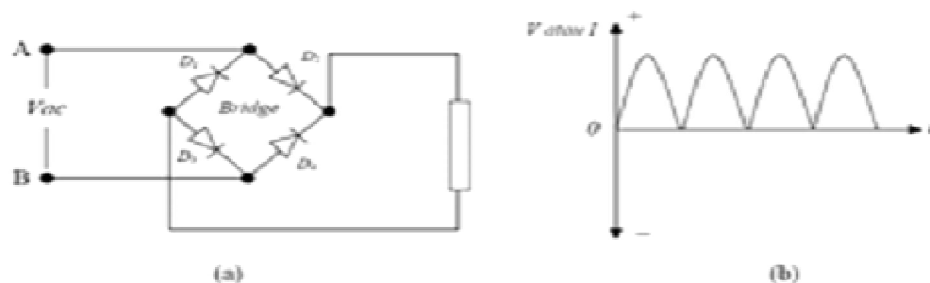
positif dari gelombang AC maka diode dalam keadaan forward bias sehingga sisi positif dari gelombang AC tersebut dilewatkan dan pada saat transformator memberikan sinyal sisi negatif gelombang AC maka dioda dalam posisi reverse bias, sehingga sinyal sisi negatif tegangan AC tersebut ditahan atau tidak dilewatkan seperti terlihat pada gambar sinyal output penyearah setengah gelombang berikut.



Gambar 2.11 Sinyal output penyearah setengah gelombang

2.7.2 Penyearah Gelombang Penuh

Dalam penyearahan tegangan bolak-balik digunakan penyearah gelombang penuh dengan menggunakan sebuah dioda jembatan/bridge atau empat buah dioda. Gelombang keluarannya lebih baik bila dibandingkan dengan penyearah setengah gelombang, lihat Gambar 2.12.

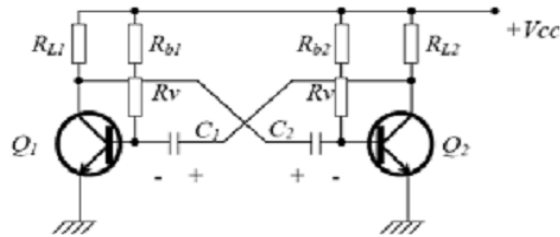


Gambar 2.12 Penyearah Gelombang Penuh (A) Rangkaian (B) Gelombang Keluaran

Prinsip kerja dari penyearah gelombang penuh dengan 4 diode diatas dimulai pada saat output transformator memberikan level tegangan sisi positif, maka D1, D4 pada posisi forward bias dan D2, D3 pada posisi reverse bias sehingga level tegangan sisi puncak positif tersebut akan di lewatkan melalui D1 ke D4. Kemudian pada saat output transformator memberikan level tegangan sisi puncak negatif maka D2, D4 pada posisi forward bias dan D1, D2 pada posisi reverse bias sehingga level tegangan sisi negatif tersebut dialirkan melalui D2, D4.

2.8 Osilator

Osilator adalah rangkaian elektronik yang bekerja sebagai pembangkit gelombang denyut. Berdasar cara kerjanya terdapat berbagai macam osilator yang salah satu diantaranya adalah multivibrator tak stabil. Gambar 2.13 Ditunjukkan Rangkaian Pembangkit Sinyal Dan Disebut Sebagai Rangkaian Osilator Dari Jenis Multivibrator Tak Stabil.



Gambar 2.13 Osilator Astable Multivibrator

Proses kerjanya transistor Q1 dan Q2 bekerja ON (saturasi) dan OFF (cut off) secara bergantian. Proses tersebut terjadi terus hingga terbentuk suatu sinyal tegangan denyut pada kolektor pada ke dua transistor tersebut. Selang waktu pergantian antar ON dan OFF dari ke dua transistor disebut sebagai konstanta waktu dari osilator yang besarnya adalah [3] :

$$T_1 = 0,69 \times R_{B1} \times C_1 \quad (2.16)$$

Dengan :

T_1 = waktu $\frac{1}{2}$ dari periode ON ke OFF kembali ke ON lagi dari transistor Q1(dt)

$R_{B1} = R_{b1} + R_v$ adalah tahanan rangkaian basis transistor (Ω).

C_1 = kapasitansi kondensator rangkaian basis (F).

T_2 dapat diperoleh menggunakan persamaan (2.15) dengan nilai tahanan dan kondensator adalah R_{B2} dan C_2 . Jadi : $T_1 + T_2 = T = 0,69 \times (R_{B1} \times C_1 + R_{B2} \times C_2)$.
Jika ditentukan $R_{B1} = R_{B2} = R_B$ dan $C_1 = C_2 = C$, maka diperoleh

$$T = 0,69 \times 2 \times R_B \times C$$

$$T = 1,38 \times R_B \times C$$

Sehingga frekuensi osilasi $F = \frac{1}{T}$ (Hz) adalah [3] :

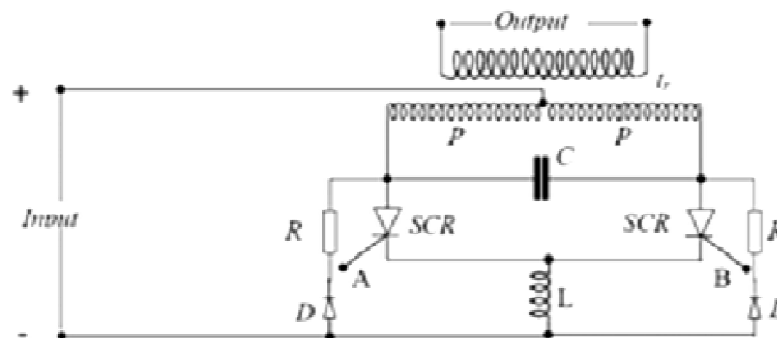
$$F = \frac{1}{1,38 \times R_B \times C} \quad (2.17)$$

Dari persamaan (2.40) di atas diperoleh besarnya frekuensi osilasi terantung R_B dan atau C. Secara teknis lebih mudah dilakukan dengan mengubah tahanan R_B .

2.9 Inverter

Rangkaian elektronika yang bisa digunakan untuk mengubah tegangan DC menjadi AC disebut inverter. Rangkaian inverter bisa menggunakan komponen transistor maupun thyristor SCR sebagai komponen utama. Bila digunakan transistor daya terbatas tetapi frekuensi tinggi serta tidak perlu rangkaian komutasi.

Bila menggunakan SCR daya besar frekuensi rendah dan perlu rangkaian komutasi sebagai pemutus SCR. Gambar 2.14 adalah contoh rangkaian inverter dengan SCR.



Gambar 2.14 Rangkaian *Inverter* dengan SCR

Pada Gambar 2.15 SCR_1 dan SCR_2 disulut bergantian melalui titik A dan titik B oleh sinyal yang dihasilkan osilator *astable multivibrator* pada Gambar 2.17. Sedangkan pemutusan SCR dilakukan oleh rangkaian komutator berupa kapasitor C yang dipasang pada lilitan primer dari transformator. Dengan SCR ON dan OFF saling bergantian maka arus dari sumber + (*positif*) melewati tap tengah (*centertap*) trafo ke primer P_1 dan P_2 saling bergantian. Arus yang mengalir pada sisi primer transformator selalu bergantian atau bolak-balik sehingga dihasilkan tegangan induksi bolak-balik (AC) pada sisi sekunder. Frekuensi dari tegangan induksi tersebut dapat diatur oleh osilator sebagai penyulut dua SCR tersebut.

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Pengujian

Untuk mendapatkan data-data parameter dan pengujian alat motor induksi yang diperlukan dalam penulisan skripsi ini, penulis telah melakukan pengujian di laboratorium Teknik Elektro Universitas Bengkulu pada bulan Desember 2012 hingga maret 2013.

3.2 Objek Penelitian

Objek penelitian digunakan adalah motor Induksi (AC) satu fasa seri **A4300 AC Universal Machine** jenis rotor sangkar di Laboratorium Konversi Energi Listrik Teknik Elektro Universitas Bengkulu. Tabel 3.1 merupakan tabel data spesifikasi motor AC satu fasa seri **A4300 AC Universal Machine**.

Tabel 3.1. Data spesifikasi motor induksi satu fasa A4300

No.	Parameter	Nilai	Satuan
1	$V_{\text{Nominal}} (V_N)$	220-380	Volt
2	Daya (P)	0.4/625	KW/VA
3	Frekuensi (f)	50	Hz
4	Jumlah Kutub (p)	4	-
5	Resistansi Stator	32	ohm

3.3 Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang digunakan yaitu melakukan studi literatur dan pengujian untuk melakukan pengukuran parameter motor induksi satu fasa di laboratorium Teknik Elektro Universitas Bengkulu.

3.3.1 Studi Literatur

Studi literatur merupakan pekerjaan yang dilakukan dengan cara melakukan studi terhadap teori-teori yang mendukung dalam pembuatan tugas akhir ini. Adapun studi yang dilakukan dalam pembuatan skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Mempelajari cara kerja motor induksi satu fasa rotor sangkar.
2. Mempelajari cara pengaturan kecepatan motor induksi.
3. Mempelajari cara penggunaan komponen elektronika daya untuk penggunaanya dalam pembuatan alat pengatur kecepatan motor induksi satu fasa.
4. Mempelajari rangkaian-rangkaian yang akan digunakan dalam pembuatan alat pengatur kecepatan motor induksi satu fasa rotor sangkar.

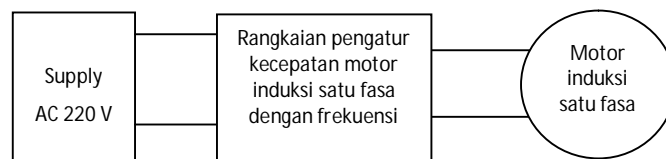
3.3.2 Metode Pengujian

Penulis melakukan pengujian untuk pengumpulan data primer yang berhubungan dengan parameter-parameter atau spesifikasi motor induksi 1 fasa yang digunakan di Laboratorium Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Bengkulu. Peralatan yang digunakan untuk pengambilan data adalah:

1. Motor induksi satu fasa seri A4300
AC Universal Machine.
2. Generator DC.
3. Multimeter
4. Osiloskop
5. Voltmeter
6. Ampermeter.
7. Tachogenerator

a. Pengujian Tanpa Beban

Pengujian tanpa beban dilakukan untuk menghitung parameter $(X_1 + X_m)$ yaitu nilai reaktansi bocor stator dan reaktansi magnetisasi. Besaran yang diukur pada saat pengujian tanpa beban adalah nilai arus tanpa beban (I_0) dan nilai tegangan tanpa beban (V_0) serta nilai resistansi stator (R_s). Sehingga dengan diketahui besaran-besaran ini maka nilai $(X_1 + X_m)$ dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (2.10). Rangkaian pengujian tanpa beban diperlihatkan pada Gambar 3.1.



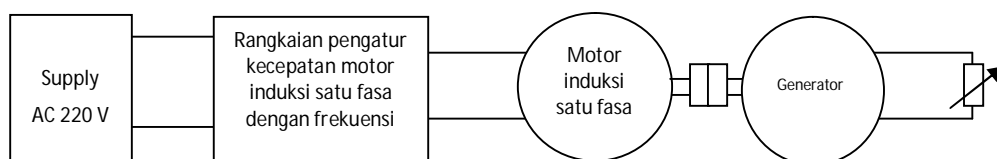
Gambar 3.1. Rangkaian pengujian tanpa beban [11].

b. Pengujian Rotor Ditahan

Pengujian rotor ditahan dilakukan untuk mencari parameter X_1 , X_2' dan nilai resistansi rotor (R_2') motor. Besaran yang diukur pada saat pengujian adalah nilai tegangan *break* (V_{break}) dan arus *break* (I_{break}). Rangkaian pengujian rotor ditahan sama seperti pengujian tanpa beban, namun rotor tidak dibiarkan berputar, sehingga slip sama dengan 1.

c. Pengujian pembebanan.

Besaran yang diukur saat pengujian pembebanan adalah nilai kecepatan rotor (n_r), tegangan AC dan arus AC. Rangkaian pengujian seperti pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2. Rangkaian pengujian pembebanan [11].

3.3.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang dimaksud adalah untuk mengumpulkan data-data rangkaian yang akan digunakan dalam pembuatan alat pengatur kecepatan motor induksi satu fasa rotor sangkar untuk mencocokkannya dengan kondisi motor induksi satu fasa yang akan digunakan dalam percobaan pengaturan kecepatan motor tersebut. Adapun pengambilan data rangkaian

dan komponen yang cocok untuk digunakan dengan melihat seberapa besar kapasitas daya motor induksi yang digunakan, berapa tegangan dan arus yang dibutuhkan motor tersebut.

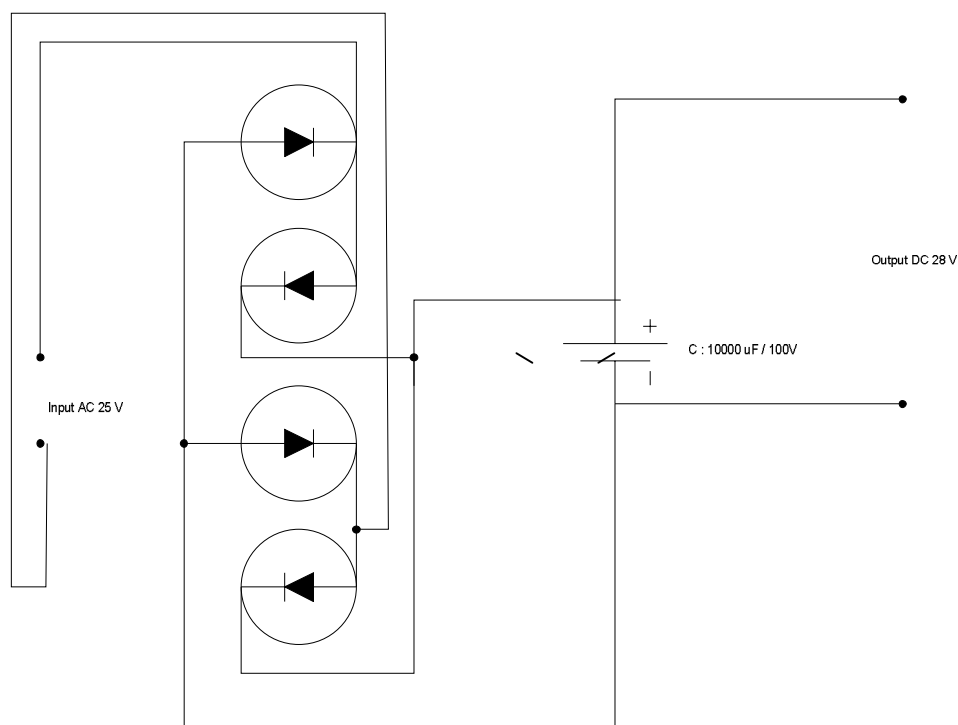
3.4 Perancangan Alat

3.4.1 Rancangan Sistem

Rancangan sistem dalam skripsi ini terdiri dari dua bagian yaitu rancangan perangkat keras dan analisis rangkaian yang telah di buat. Rancangan perangkat keras yang dimaksud adalah perancangan alat pengatur kecepatan motor induksi satu fasa dimana perancangan meliputi perancangan penyearah, osilator, inverter, dan pemilihan transformator yang cocok, sampai dengan pembuatan casing untuk pengaturan kecepatan putar motor induksi satu fasa rotor sangkar.

3.4.2 Rancangan Penyearah

Penyearah yang digunakan dalam alat yang dibuat ini memakai satu buah dioda bridge sebagai penyearah dari tegangan AC ke DC. Keluaran dari penyearah dipakai untuk input ke rangkaian inverter dan osilator seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Penyearah satu fasa dengan diode Lengkap dengan Filter

Dioda yang digunakan adalah dioda bridge FSB3510W dengan kapasitas arus 35 A dan tegangan 25 V, filter dengan kondensator 10.000 μ F, 100 V. besarnya kapasitor

berpengaruh pada stabilitas alat yang di buat, dari penelitian yang penulius lakukan dalam menentukan besarnya kapasitansi kapasitor dari komponen yang digunakan.

Pada percobaan pertama penulis menggunakan kapasitor dengan kapasitas 47uF/450V menghasilkan kinerja rangkaian inverter yang tidak stabil dan menghasilkan riak pada gelombang osilatornya dan frekuensi yang dihasilkan dari out trafo *step up* sangat tinggi mencapai *range* 300 Hz – 450Hz. Dari analisa dan melihat dari hasil gelombang keluaran dari rangkaian penyearah dengan menggunakan kapasitor tersebut didapati bahwa tegangan yang dihasilkan tidak benar-benar murni DC, dari tampilan bentuk gelombangnya di osiloskop masih berbentuk setengah gelombang positif yang berhimpitan bukan garis lurus yang dihasilkan sebagaimana bentuk gelombang DC yang sebenarnya.

Setelah dilakukan percobaan dengan mengganti-ganti nilai kapasitor pada rangkaian penyearah yang dirancang ini maka di dapati karakteristik kapsitor dalam pemfilteran gelombang DC yang telah disearahkan oleh dioda yaitu semakin besar nilai kapasitansi yang digunakan maka filterisasi yang mampu di kerjakan oleh kapsitor untuk membentuk gelombang DC yang sebenarnya akan semakin baik. Dari perngujian nilai kapasitansi yang telah dilakukan maka dalam rancangan ini penulis menggunakan kapasitor dengan nilai kapasitansi 10000uF/100V yang menghasilkan gelombang DC yang mendekati garis lurus dan berikut gambar 3.4 gelombang keluaran tegangan DC yang di hasilkan

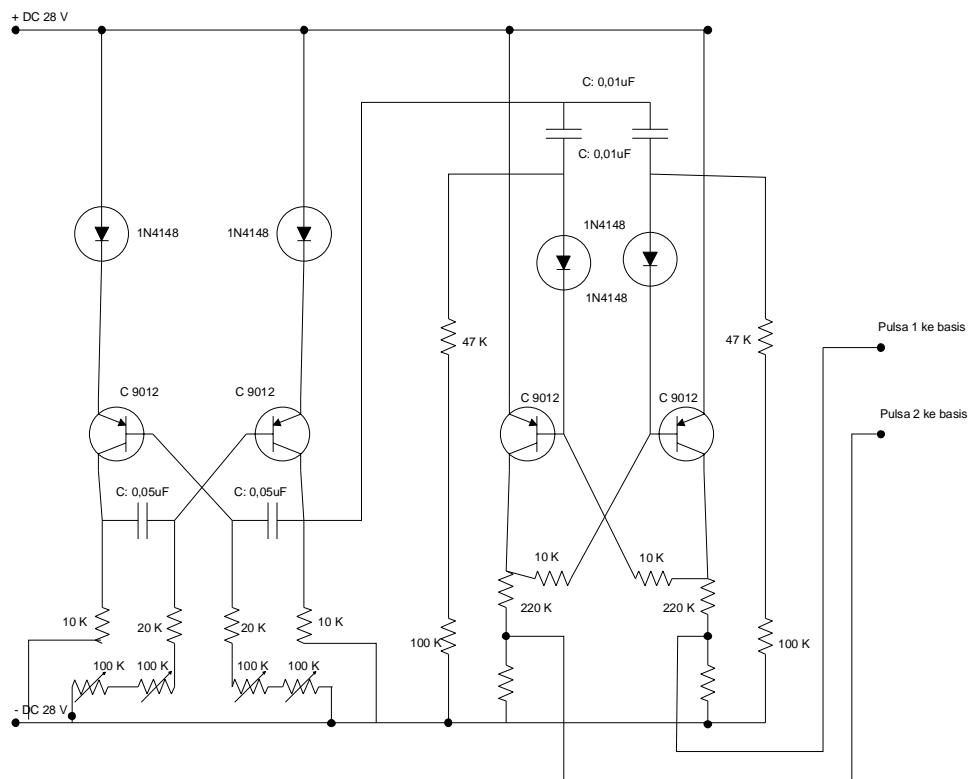


Gambar 3.4 Gelombang keluaran tegangan DC rangkaian penyearah

3.4.3 Rancangan Osilator

Rangkaian osilator yang digunakan dalam perancangan alat ini adalah jenis *multivibrator astable*, dalam perancangan alat ini menggunakan dua buah *multivibrator astable*. Dimana multivibrator pertama berfungsi dalam membentuk gelombang persegi

(pulsa) sebagai input *multivibrator astable* yang kedua, sehingga out dari multivibrator ini yang digunakan untuk membuka dan menutup saklar (basis) pada transistor daya di inverter akhir.

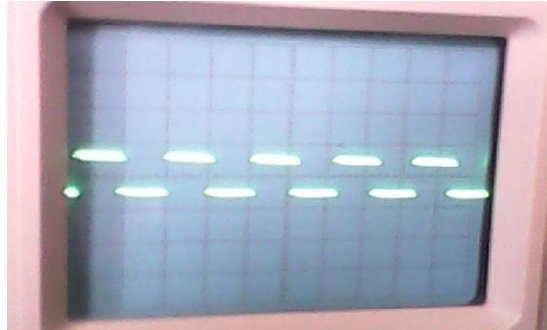


Gambar 3.5 Osilator *Astable Multivibrator* dengan Transistor PNP C 9012

Rangkaian diatas merupakan dua buah rangkaian *multivibrator astable*, dimana untuk multivibrator yang pertama berfungsi untuk memberikan input pulsa pada kaki basis transistor di *multivibrator astable* yang kedua. pengaturan lebar pulsa yang diberikan ke rangkaian inverter yang juga merupakan pengaturan frekuensi untuk pengaturan motor induksi ini, terletak pada multivibrator yang pertama dimana terdapat tiga buah potensiometer (resistor variabel) untuk potensio yang pertama digunakan untuk mendapatkan titik resistansi yang pas untuk menghasilkan kecepatan maksimal pada kecepatan motor yang akan di atur, dua buah potensio yang tersedia adalah untuk mengatur frekuensinya (kecepatan motor induksi).

Cara kerja dari rangkaian *multivibrator astable* yang pertama adalah dengan memanfaatkan proses pengisian dan pengosongan kapasitor yang digunakan, dimana prosesnya ketika C_1 dalam keadaan pelepasan muatan ke basis transistor 2 maka C_2 dalam proses pengisian muatan sehingga pada transistor 1 dalam proses tertutup sehingga tidak mengeluarkan tegangan (1) pada kolektornya. Proses ini terjadi secara bergantian dan

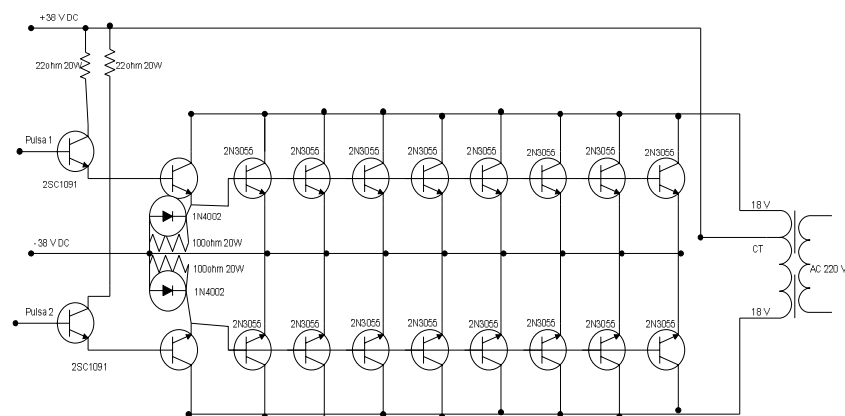
terusmenerus sehingga menghasilkan keluaran berbentuk seperti pulsa yang lebarnya tergantung pada besar resistansi basis, ini terjadi karena besarnya arus yang mengalir pada proses pengisian dan pengosongan kapasitor bergantung dari besarnya resistansi basis. gambar 3.6 menunjukkan gelombang keluaran dari rangkaian *multivibrator astable*.



Gambar 3.6 Gelombang keluaran dari rangkaian *multivibrator astable*

3.4.4 Rancangan Inverter

Inverter dengan komponen utama adalah Transistor 2N3055 rating arus 200mA setiap komponennya, transistor ini memiliki rating tegangan hingga 50 V. Transformator *step up* dibuat dengan luas inti krokernya 30cm^2 daya trafo yang dirancang $\pm 500\text{ W}$ dan dalam menentukan besarnya daya trafo step up yang di buat adalah dengan melihat besar daya yang di butuhkan oleh motor yang akan di atur. Setelah dihitung dengan asumsi tegangan primer 20 volt maka lilitan tiap kumparan adalah 32 lilit sehingga jumlah lilitan kumparan sekunder 366 lilit. Dalam pembuatan trafo *step up* ini menggunakan kawat primer sebesar 1,6mm untuk arus maksimum sebesar 12,8A dan untuk kumparan sekunder dengan diameter 0,7mm berarti arus maksimum 2,450A.



Gambar 3.7 Rangkaian *Inverter* dengan Transistor 2N3055

Rangkaian di atas merupakan rangkaian inveter untuk membalikkan kembali tegangan DC menjadi tegangan AC dengan daya sesuai dengan kebutuhan motor dan frekuensi yang dapat di atur.

Proses kerja dari rangkaian inverter diatas adalah menguatkan serta membalikkan tegangan (pulsa) keluaran dari rangkaian *multivibrator astable* sebelumnya, sesuai dengan daya yang dibutuhkan dimana setiap taransistor 2N3055 yang digunakan menghasikan daya lebih kurang 50W. Proses pengkonversian dari tegangan DC ke tegangan AC terjadi di transformator *step up* nya yang menggunakan kumparan primer dengan lilitan CT (*Center Tap*) yang menghasilkan arus yang mengalir pada kumparan primer berlawanan arah dari kedua inputnya menuju ke CT (0). Gambar 3.8 merupakan bentuk gelombang keluaran dari rangkaian inverter.

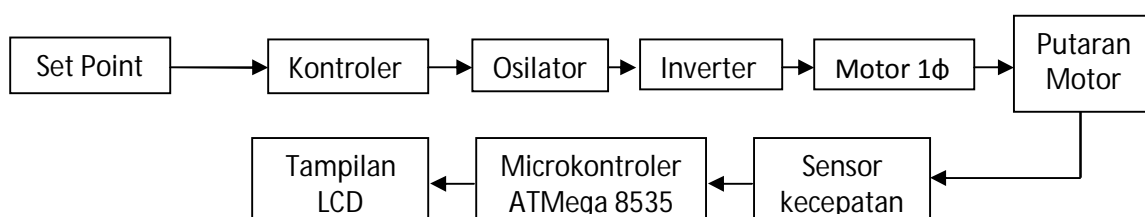


Gambar 3.8 Gelombang keluaran dari inverter

3.5 Analisa

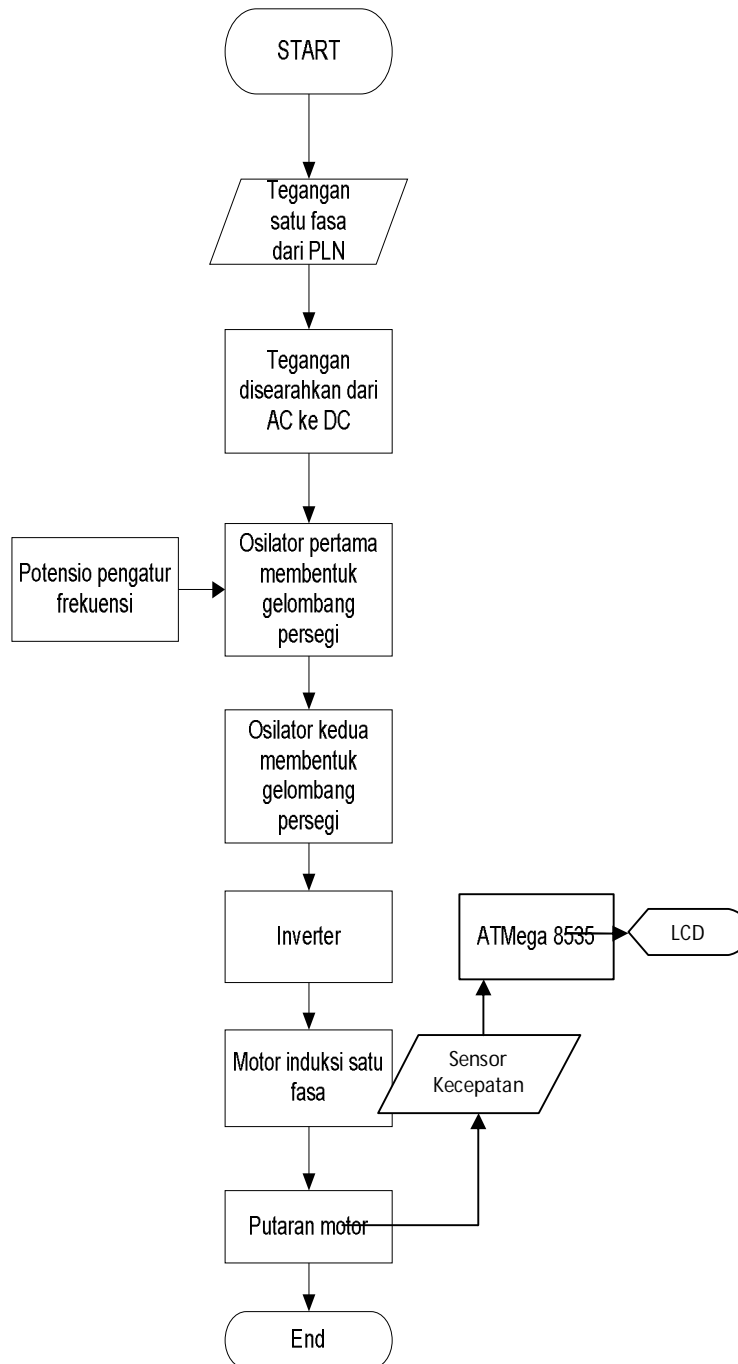
Analisa yang dilakukan pada alat pengaturan kecepatan motor induksi satu fasa rotor sangkar yang dibuat yaitu meliputi analisa rangkaian dilihat dari kinerja rangkaian penyearah, osilator, dan inverter yang dibuat, frekuensi yang dapat diatur secara bertahap dan dilihat kondisi motor ketika pengaturan di lakukan apakah motor dalam keadaan stabil, seberapa efisienkah perubahan kecepatan pada motor, dan Berapa besar arus dan tegangan yang diberikan pada motor.

Blok diagram dari rancang bangun alat pengatur kecepatan motor induksi satu fasa rotor sangkar adalah sebagai berikut :



Gambar 3.9 Blok diagram pengaturan motor induksi satu fasa rotor sangkar

Adapun Flowchart dari rancang bangun alat pengatur kecepatan motor induksi satu fasa rotor sangkar dengan mengatur frekuensi diperlihatkan pada Gambar 3.7.



Gambar 3.10 Flowchart pengaturan kecepatan motor induksi satu fasa melalui frekuensi